

WEST

## End of Result Set

☐ Generate Collection☐ Print

L8: Entry 8 of 8

File: JPAB

Oct 20, 2000

PUB-NO: JP02000295048A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000295048 A  
TITLE: FEED FORWARD AMPLIFIER

BEST AVAILABLE COPY

PUBN-DATE: October 20, 2000

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ABENO, ICHIRO

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

FUJITSU LTD

APPL-NO: JP11096290

APPL-DATE: April 2, 1999

INT-CL (IPC): H03 F 1/32; H03 F 1/02

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To secure distortion compensation ability with respect to high peak power signal input by synthesizing a distortion component amplified by an auxiliary amplifier to a main amplifier output signal and removing the distortion component from the main amplifier output signal.

SOLUTION: An amplifier with high PldB is used for the power amplifying part of an auxiliary amplifier 2 and compensation quantity is raised to a value which is lower than a main amplifier 1 by about 2-3dB. The operation point of a feed forward amplifier is assumed to be 40dB and the signal of high peak power which is higher than average power by 6dB, for example, distortion cancel quantity can be secured to 20dB if PldB of the auxiliary amplifier 2 is 42dBm lower than PldB of the main amplifier 1 by 8dB and to 28dB if Pldb of the auxiliary amplifier 2 is 48dBm lower than PldB of the main amplifier 1 by 2dB. Distortion compensation ability can be secured with respect to the input signal of high peak power.

COPYRIGHT: (C) 2000, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-295048

(P2000-295048A)

(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ページ数	ページ数 (参考)
H 0 3 F	1/32	H 0 3 F	1/32	5 J 0 9 0
	1/02		1/02	5 J 0 9 2

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-96290

(22) 出願日 平成11年4月2日 (1999. 4. 2)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 阿倍野 一郎

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100067402

弁理士 小林 隆夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フィードフォワード増幅器

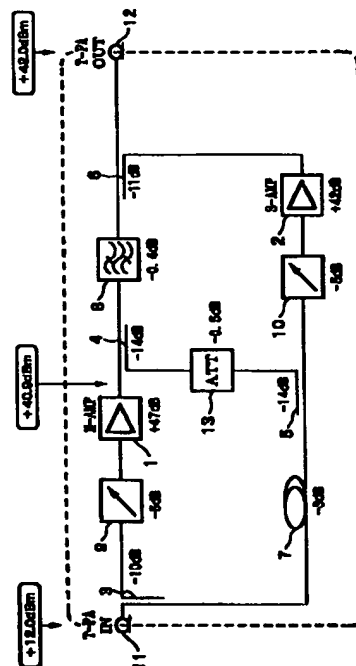
(57) 【要約】

フィードフォワード増幅器

【課題】本発明は、フィードフォワード増幅器に関するものであり、フィードフォワード増幅器において、高ピーク電力を有するCDMA信号などの変調波を増幅するにあたり、高ピーク電力信号の入力に対しても歪み補償能力を確保し、かつ消費電力を低減することを目的とする。

【解決手段】高ピーク電力を有する入力信号を増幅するためのフィードフォワード増幅器であって、AB級増幅器からなる主増幅器と、この主増幅器で生じた歪み成分を抽出する抽出手段と、この抽出した歪み成分を増幅するAB級増幅器からなる補助増幅器と、該補助増幅器で増幅した歪み成分を上記主増幅器の出力信号に合成して主増幅器出力信号から歪み成分を除去する除去手段とを備えたものである。

実施例 (フィードフォワード増幅器)





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】高ピーク電力を有する入力信号を増幅するためのフィードフォワード増幅器であって、

AB級増幅器からなる主増幅器と、

この主増幅器で生じた歪み成分を抽出する抽出手段と、  
この抽出した歪み成分を増幅するAB級増幅器からなる補助増幅器と、

該補助増幅器で増幅した歪み成分を上記主増幅器の出力信号に合成して主増幅器出力信号から歪み成分を除去する除去手段とを備えたフィードフォワード増幅器。

【請求項2】高ピーク電力を有する入力信号を増幅するためのフィードフォワード増幅器であって、

AB級増幅器からなる主増幅器と、

上記主増幅器の出力信号を分岐し、また上記主増幅器の増幅前の入力信号を分岐して、それらの分岐信号を同振幅・逆相で合成することで、上記主増幅器で生じた出力信号中の歪み成分を抽出する抽出手段と、

この抽出した歪み成分を増幅するAB級増幅器からなる補助増幅器と、

該補助増幅器で増幅した歪み成分を上記主増幅器の出力信号に合成して主増幅器出力信号から歪み成分を除去する除去手段とを備えたフィードフォワード増幅器。

【請求項3】高ピーク電力を有する入力信号を増幅するためのフィードフォワード増幅器であって、

AB級増幅器からなる主増幅器と、

この主増幅器で生じた歪み成分を抽出する抽出手段と、  
この抽出した歪み成分を増幅するAB級増幅器からなる補助増幅器と、

上記補助増幅器で増幅した歪み成分を、上記主増幅器の出力信号にその出力信号中の歪み成分と同振幅・逆相で合成することで、上記主増幅器の出力信号中の歪み成分を除去する除去手段とを備えたフィードフォワード増幅器。

【請求項4】高ピーク電力を有する入力信号を増幅するためのフィードフォワード増幅器であって、

AB級増幅器からなる主増幅器と、

上記主増幅器の出力信号を分岐し、また上記主増幅器の増幅前の入力信号を分岐して、それらの分岐信号を同振幅・逆相で合成することで、上記主増幅器で生じた出力信号中の歪み成分を抽出する抽出手段と、

この抽出した歪み成分を増幅するAB級増幅器からなる補助増幅器と、

上記補助増幅器で増幅した歪み成分を、上記主増幅器の出力信号にその出力信号中の歪み成分と同振幅・逆相で合成することで、上記主増幅器の出力信号中の歪み成分を除去する除去手段とを備えたフィードフォワード増幅器。

【請求項5】上記補助増幅器のP1dBを上記主増幅器のP1dBよりも、高ピーク電力入力信号に対する歪み補償電力を確保できる程度の範囲で下げたものとする請求項

1～4のいずれかに記載のフィードフォワード増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、携帯電話などの移動通信用基地局での送信電力増幅器(T-PA)などとして主に用いられるフィードフォワード増幅器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】移動無線通信システムなどにおける送信電力増幅器は、その出力信号に歪みが発生すると、その歪み成分が隣接チャネルへの漏洩電力となり、隣接チャネルでの通信を妨害する原因となる。よって、かかる送信電力増幅器では歪みの発生を抑圧する必要があり、このため、一般には動作点を増幅器入出力特性中の線形領域(直線領域)に設定し、線形領域で動作させることにより、歪みの発生を抑えている。しかし、一般に、このように線形領域に動作点を設定すると、電力効率の低い増幅器になってしまう。

【0003】電力効率を高める(消費電力を低減する)ためには、増幅器の動作領域を飽和電力に近づける必要があるが、かかる飽和電力付近では増幅器入出力特性が非線形となり、この非線形性により歪みの発生を避けることができない。

【0004】この歪みを補償(除去)する一つの方法として、フィードフォワード増幅器が知られている。歪みの発生は、増幅器の非線形性により生じるものである。フィードフォワード増幅器は、非線形性により生ずる歪みを補償する増幅器、換言すれば、歪み補償により増幅器全体の線形性を向上させている増幅器である。以下にその構成と線形性動作の原理を述べる。

【0005】〔基本構成〕図7はフィードフォワード増幅器の基本構成を示す図であり、図8はこのフィードフォワード増幅器の信号パス(信号経路)を示す図である。

【0006】図7において、1は入力信号を所定のレベルまで増幅する主増幅器(M-AMP)、2は歪み成分を増幅する補助増幅器(エラー増幅器:S-AMP)、3～6は信号の分配合成のための方向性結合器、7と8は遅延量を合わせるための遅延線路、9と10は振幅と位相の微調整を行うためのベクトル調整器(振幅位相調整器)である。

【0007】このフィードフォワード増幅器における信号パスを図8を参照して説明する。パス①は、入力端11に入力した信号を主増幅器1で増幅して遅延線路8を経て出力端12に出力する信号増幅のための本来の信号経路である。パス②は入力端11に入力した信号を主増幅器1で増幅した後に方向性結合器4で一部分岐し、方向性結合器5で介して補助増幅器2に導いて増幅し、方向性結合器6で元のパス①の信号と合成する信号経路である。パス③は入力端11に入力した信号を方向性結合

器3で一部分岐して遅延線路7で遅延させた後に、方向性結合器5で介して補助増幅器2に導いて増幅し、方向性結合器6で元のバス①の信号と合成する信号経路である。

【0008】ここで、方向性結合器5はバス②とバス③の信号を合成することで主増幅器1で出力信号中に生じた歪み成分を抽出する機能を持ち、補助増幅器2はこの抽出した歪み成分を歪み補償のための適当な大きさに増幅する機能を持ち、方向性結合器6は増幅した歪み成分をバス①の主増幅器出力信号に合成することで、この出力信号中の歪み成分を除去する機能を持つ。遅延線路7、8はこれらの機能を果たすために、合成する信号の同相、逆相を設定するためのものであり、ベクトル調整器9、10はそのための信号の振幅・位相の微調整を行うものである。

【0009】すなわち、フィードフォワード増幅器においては、各信号バスの利得と移相量は以下のように設定される。

1. バス①、バス②、バス③の通過利得は全て同利得となるように、主増幅器1、補助増幅器2、方向性結合器3～6の利得または結合量を選択する。

2. バス①とバス②、およびバス②とバス③の通過後の位相は、それぞれ逆相となるように、遅延線路7、8の線路長を選択する。同時に、広帯域な合成を行うために、バス①、バス②、バス③の遅延量が全て同一となるように、線路長を選択する。

3. ベクトル調整器9、10は各バスの振幅と位相の微調整を行う。

【0010】これらを式で表せば、以下のようになる。なお、以下、バス①を通過して出力端12に現れる信号のベクトルをベクトル①と呼ぶ。ベクトル②、ベクトル③についても同様であって、出力端12に現れる各バス②、③の信号ベクトルである。

$$|\text{ベクトル①}| = |\text{ベクトル②}| = |\text{ベクトル③}|$$

$$\angle \text{ベクトル①} = \angle \text{ベクトル②} + 180^\circ$$

$$\angle \text{ベクトル②} = \angle \text{ベクトル③} + 180^\circ$$

これらの各ベクトル①～③を図に表すと、図10(1)に示す出力端12における各バスのベクトル①～③のようになる。

【0011】このフィードフォワード増幅器の動作をまず定性的に説明する。図9はこのための図であり、各主要ポイントa～dでの信号のスペクトル(a)～(d)を示している。

1. 入力端11に、変調波などの被増幅信号が入力される。この被増幅信号をここではスペクトル(a)で示す2本の信号成分とする。

2. これを主増幅器1で所定レベルまで増幅したことにより、主増幅器1自身の非線形性により信号が歪んだものとする。この際に生じる歪み成分をここではスペクトル(b)における両脇に生じた信号成分とする。

3. 方向性結合器4では、主増幅器1にて歪んだ歪み後信号を取り出す。この歪み後信号がスペクトル(b)に相当する。

4. 方向性結合器3では、主増幅器1による増幅前の歪み前信号を取り出す。この歪み前信号がスペクトル(a)に相当する。

5. 方向性結合器5にて、項3.と項4.で取り出した信号を、同振幅・逆相にて合成し、歪み成分のみを抽出する。この抽出された歪み成分がスペクトル(c)であり、スペクトル(a)とスペクトル(b)を同振幅・逆相で合成したものに相当する。

6. 補助増幅器2では、項5.で抽出した歪み成分を所定のレベルまで増幅する。

7. 方向性結合器6にて、項2.と項6.の信号を、同振幅・逆相にて合成し、項2.の信号から歪み成分のみを除去する。この歪み成分除去後の信号がスペクトル(d)であり、スペクトル(a)とスペクトル(c)を同振幅・逆相で合成したものに相当する。

【0012】以上により、主増幅器1にて歪んだ信号の歪み成分のみを方向性結合器5にて抽出し、方向性結合器6にてこの歪み成分を同振幅・逆相にて合成することで、主増幅器1の出力信号から歪み成分を除去するものである。

【0013】次に、このフィードフォワード増幅器の動作を信号ベクトルによる考え方で説明する。

〔線形動作時：主増幅器1が歪まない場合〕図10は主増幅器1が歪まない線形動作時の場合における出力端12での各ベクトルの状態を示すもので、図10(1)は主増幅器1が歪まない場合の各バスのベクトルを示す。ここで、ベクトル②とベクトル③は、同振幅・逆相であるため、方向性結合器5にて合成される時に、打ち消しあってゼロになる。よって、出力端12における出力信号のベクトルは、図10(2)に示すような、歪みが含まれていないベクトル④になる。つまり、主増幅器1が歪まない線形動作時には、主増幅器1にて所定の出力レベルまで増幅された信号がそのまま出力される。

【0014】〔線形動作時：主増幅器1が歪む場合〕例えば主増幅器1の歪みとして、主増幅器1の利得が低下し、さらに位相回転が起こった場合を考える。図11はこのように主増幅器1が歪んでいる非線形動作時の場合における出力端12での各ベクトルの状態を示す。図10(1)は主増幅器1が歪まない場合の各バスのベクトルであり、ベクトル①は図10(1)に比べて振幅が小さくなり、また位相が回転している。ベクトル②はこのベクトル①と同振幅・逆位相となる。ベクトル③は主増幅器1を通過しないため、主増幅器1の歪みの影響を受けないので、図10(1)におけるベクトル③と同じ位置にある。

【0015】ここで、ベクトル②+③は、方向性結合器5から補助増幅器2に漏れ込む信号が増幅されて出力端



12に現れたものであり、主増幅器1が歪んだ場合のみ発生する信号歪み成分である（歪み成分の抽出）。この信号歪み成分であるベクトル②+③と主増幅器1にて歪んだベクトル④が、方向性結合器6にて合成されてベクトル①中に含まれる歪み成分をキャンセルするので、出力端12に現れるベクトルは図11(2)に示すベクトル④となる。すなわち、出力端12から出力される出力信号は、主増幅器1の歪みの影響を受けない（歪み成分の補償）。以上のことから、フィードフォワード増幅器において、高い線形性を実現できることが分かる。

【0016】〔入出力特性の改善〕このフィードフォワード増幅器により入出力特性が改善される様子を以下に説明する。いま、主増幅器1は、利得が $G=35\text{dB}$ 、 $P_{1\text{dB}}=50\text{dBm}$

補助増幅器2は、利得が $G=40\text{dB}$ 、 $P_{1\text{dB}}=40\text{dBm}$ 、 $42\text{dBm}$ 、 $44\text{dBm}$ 、 $46\text{dBm}$ 、または $48\text{dBm}$ という条件を仮定する。なお、ここで示した $P_{1\text{dB}}$ とは、実際の入出力特性（非線形特性部分）が理想的な線形特性（仮想した直線特性）から $1\text{dB}$ 下回った時におけるその点に対応する出力電力（ $\text{dBm}$ ）の値で示すものである。

【0017】この条件の下で、フィードフォワード増幅器の入出力特性をシミュレーションした結果を、図12にフィードフォワード増幅器の入出力特性（補償ありと補償なし）として示す。図中、横軸は入力電力（ $\text{dBm}$ ）、縦軸は出力電力（ $\text{dBm}$ ）であり、破線は歪み補償を行わない場合の入出力特性、実線は歪み補償を行った場合の入出力特性であり、後者は補助増幅器2として $P_{1\text{dB}}$ が $40\text{dBm}$ 、 $42\text{dBm}$ 、 $44\text{dBm}$ 、 $46\text{dBm}$ 、 $48\text{dBm}$ の各場合についてそれぞれ入出力特性を示してある。この図12から、フィードフォワード方式により歪み補償を行うと、補償を行わない場合に比較して線形性が向上し、 $P_{1\text{dB}}$ も数デシベル（ $\text{dB}$ ）高くなることが分かる。

【0018】図13は、上記と同じ条件の下、歪み成分のキャンセル量をシミュレーションした結果を、フィードフォワード増幅器による歪み成分のキャンセル量の特長として示したものである。図中、横軸は入力電力（ $\text{dBm}$ ）、縦軸は歪み成分キャンセル量（ $\text{dBm}$ ）であり、補助増幅器2として $P_{1\text{dB}}$ が $40\text{dBm}$ 、 $42\text{dBm}$ 、 $44\text{dBm}$ 、 $46\text{dBm}$ 、 $48\text{dBm}$ の各場合についてキャンセル量の特長が示してある。

【0019】例えば、動作点 $43\text{dBm}$ 出力（ $20\text{dBm}$ 入力）において、補助増幅器2の $P_{1\text{dB}}$ を小さくするほど歪みキャンセル量が劣化するが、補助増幅器2の $P_{1\text{dB}}$ を主増幅器1の $P_{1\text{dB}}$ よりも $10\text{dB}$ 低くしても、歪み成分キャンセル量が $-30\text{dB}$ 以下であることが分かる。

【0020】このため、従来は補助増幅器2としてその $P_{1\text{dB}}$ が主増幅器1の $P_{1\text{dB}}$ に比べて $6\sim7\text{dB}$ 程度低いものを用いており、これにより所要のキャンセル量すな



わち歪み補償能力を確保していた。

【0021】また、主増幅器1および補助増幅器2には、それぞれの増幅器の直線性を重視して、Aクラスの増幅器（A級増幅器）を用いるのが一般的であった。特に、補助増幅器2は、その動作原理から分かるように、非線形領域で動作させると、抽出した歪み成分を増幅する際にさらに歪みが加わることによって主増幅器出力信号中の歪み成分を完全に除去できなくなるので、歪み補償能力を劣化させる要因となる。このため、従来は補助増幅器2としては、線形性のよいA級増幅器などが必ず用いられており、例えばAB級増幅器などの線形性の劣る増幅器を用いることは考えられなかった。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】〔ピーク電力入力時の歪み補償能力の劣化〕移動体通信などで今後用いられるCDMA（符号分割多元接続）信号のような変調波は、その電力レベルが時間経過に従って大きく変動する性質を持っている。例えば、W-CDMA信号の場合は、平均電力に対し瞬時的な大電力（ピーク電力）が発生し、その発生確率は、平均電力 $+3\text{dB}$ の場合で全体の $10\%$ 、平均電力 $+6\text{dB}$ の場合で $1\%$ 、平均電力 $+8\text{dB}$ の場合で $0.1\%$ 程度である。このような変調波を、先にシミュレーションしたフィードフォワード増幅器にて歪み補償する場合を考える。

【0023】図12、図13にて、主増幅器1の動作点を $40\text{dBm}$ 出力（ $17\text{dBm}$ 入力）と仮定する。このとき、平均電力に比べて $6\text{dB}$ 高いピーク電力が入力された場合、補助増幅器2の $P_{1\text{dB}}$ によって、そのピーク電力入力時の歪み補償能力が大きく異なることが分かる。具体的には、図13に示すように、動作点の $17\text{dBm}$ 入力時には歪み成分キャンセル量は $-35\text{dB}$ であるが、この高ピーク電力（ $17\text{dBm}+6\text{dBm}$ ）の入力に対しては、補助増幅器2の $P_{1\text{dB}}$ が $48\text{dBm}$ のときには歪み成分キャンセル量が $28\text{dB}$ 程度であるのに対して、 $P_{1\text{dB}}$ が $40\text{dBm}$ のときには歪み成分キャンセル量が $16\text{dB}$ 程度に劣化する。

【0024】つまり、従来の構成のように、補助増幅器2の $P_{1\text{dB}}$ を主増幅器1の $P_{1\text{dB}}$ に比べて $6\sim7\text{dB}$ 程度低い $P_{1\text{dB}}$ の増幅器で構成している場合には、高ピーク電力入力時に歪み補償能力を確保できないことになる。

【0025】〔高消費電力〕主増幅器1および補助増幅器2には、上述したように、従来その線形性を考慮してA級増幅器を用いていた。しかし、A級増幅器はその消費電力が大きいという欠点を持っている。さらに、高ピーク電力に対しても歪み補償能力を確保できるような、補助増幅器2として $P_{1\text{dB}}$ の値が大きいものを用いると、補助増幅器2の消費電力がさらに大きくなり、消費電力の増加を招く。また、Aクラス動作の増幅器は、出力電力によらずその消費電力はほぼ一定であり、この点からも消費電力の効率の面からは問題があった。

【0026】本発明は上述の諸問題点に鑑みてなされたものであり、無線通信用電力増幅器などに用いられるフィードフォワード増幅器において、高ピーク電力を有するCDMA信号などの変調波を増幅するにあたり、高ピーク電力信号の入力に対しても歪み補償能力を確保し、かつ消費電力を低減することを目的とする。

【0027】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するために、本発明に係るフィードフォワード増幅器は、高ピーク電力を有する入力信号（例えばCDMA信号）を増幅するするためのフィードフォワード増幅器であって、AB級増幅器からなる主増幅器と、この主増幅器で生じた歪み成分を抽出する抽出手段と、この抽出した歪み成分を増幅するAB級増幅器からなる補助増幅器と、該補助増幅器で増幅した歪み成分を上記主増幅器の出力信号に合成して主増幅器出力信号から歪み成分を除去する除去手段とを備えたものである。上記の抽出手段は、上記主増幅器の出力信号を分岐し、また上記主増幅器の増幅前の入力信号を分岐して、それらの分岐信号を同振幅・逆相で合成することで、上記主増幅器で生じた出力信号中の歪み成分を抽出するように構成できる。また、上記の除去手段は、上記補助増幅器で増幅した歪み成分を、上記主増幅器の出力信号にその出力信号中の歪み成分と同振幅・逆相で合成することで、上記主増幅器の出力信号中の歪み成分を除去するように構成できる。また、上記の補助増幅器のP1dBは、上記主増幅器のP1dBよりも、高ピーク電力入力信号に対する歪み補償能力を確保できる程度の範囲で下げたもの（例えば従来は7〜8dB程度低い値であったものを2〜3dB低い値にする）とすることができる。

【0028】

【作用】（ピーク電力入力時の歪み補償能力の確保）補助増幅器2の電力増幅部に、P1dBの高い増幅器を用い、主増幅器1と比した補助増幅器2のP1dBを例えば2〜3dB程度低い値まで高くする。このようにした場合、例えば図12、図13にて増幅器の動作点を40dBm出力（17dBm入力）と仮定すると、このとき、平均電力に比べて6dB高いピーク電力が入力された場合、例えば補助増幅器2のP1dBが40dBm（主増幅器1のP1dBよりも10dB低い）の場合は歪みキャンセル量が16dBであるのに対して、補助増幅器2のP1dBが48dBm（主増幅器1のP1dBよりも2dB低い）の場合は歪みキャンセル量が28dB確保できる。よって、補助増幅器2に従来のP1dBの高い（主増幅器1のP1dBよりも例えば3dB程度低い）電力増幅器を用いることで、瞬時的なピーク電力発生時にも、高い歪み補償能力を確保することができることが分かる。これにより、結果的に、CDMA信号などの変調波のような時間的に高いピーク電力を有するような信号を、低歪みで増幅することができる。

【0029】（消費電力の低減）また、主増幅器1および補助増幅器2をABクラス動作とすることで、消費電力を減らすことができる。たまた、ABクラス動作の特長として、出力電力を下げれば消費電力も下がるので、低出力時（すなわち低通信量時もしくは低トラヒック時）の消費電力を大幅に低減することができる。このことは、実際の運用でいえば、例えばこのフィードフォワード増幅器を移動通信基地局の送信電力増幅器として用いた場合、基地局と通信を行っている移動通信端末の数が少ないときには基地局の送信電力が低下するのでその時の消費電力を低減できるものであり、通常、基地局は最大出力時（最大通信容量を使う時）よりも低い出力電力での運用の方が頻度が高いので、低出力時の消費電力の低減は重要・不可欠である。これに対して、Aクラス動作の増幅器では、出力電力によらずその消費電力はほぼ一定である。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。図1には本発明の一実施例としてのフィードフォワード増幅器が示される。図中、1は主増幅器、2は補助増幅器、3〜6は方向性結合器、7、8は遅延線路、9、10はベクトル調整器であり、これらの機能は従来技術の項で説明したものと同一である。13は方向性結合器4の分岐信号を振幅調整するための減衰器であって、方向性結合器5にて遅延線路7側からの信号と合成して歪み成分のみを抽出するよう調整するのである。これらの各回路での利得は図中に記入してある。

【0031】図3にはこのフィードフォワード増幅器の主増幅器1の構成例が示される。この主増幅器1は、利得Gが+47dB、P1dBが50dBmのものであり、増幅部101〜106による全5段の縦段接続で構成されており、最も消費電力の大きい後段2段の電力増幅部104〜106をABクラス動作するAB級電力増幅器で構成している。その前段3段はプリアンプとして用いられる増幅器からなる。最終段のAB級電力増幅部105、106はパラレル配置とすることで、増幅電力の大電力化を図っている。

【0032】図4にはこのフィードフォワード増幅器の補助増幅器2の構成例が示される。この補助増幅器2は、利得Gが+42dB、P1dBが47dBm（すなわち主増幅器1のP1dBよりも3dB低い）であり、主増幅器1と同様に増幅部201〜205による全5段の縦段接続構成となっており、最も消費電力の大きい後段2段の電力増幅部204、205をABクラス動作するAB級電力増幅器で構成し、増幅部201〜203をプリアンプとしての増幅器で構成している。

【0033】以下、この実施例のフィードフォワード増幅器の動作を信号ベクトルの考え方で説明する。なお、前述したように、この実施例でも、パス①を通過して出

力端12に現れる信号のベクトルをベクトル①と呼び、ベクトル②、ベクトル③についても同様である。

【0034】図2はこの実施例のフィードフォワード増幅器の動作を信号ベクトルで説明したものである。図2(1)において、ベクトル①は、主増幅器1が歪むので、利得の低下と位相回転が生じ、本来の基準位置(図10(1)のベクトル①の位置)から振幅が小さくなり、位相が回転している。ベクトル②は、方向性結合器や遅延線路、ベクトル調整器、補助増幅器等で調整されて、ベクトル①とは同振幅・逆相の関係にある。ベクトル③は、主増幅器1を通過しないので、その非線形性による歪みの影響を受けない。すなわち、上記基準の位置になる。

【0035】ここで、前述の図11で示した非線形動作時の動作では、ベクトル②+③が、ベクトル①の歪みを除去するベクトルとして働くのであるが、この実施例の場合、補助増幅器2を通過する歪み成分信号は、補助増幅器2が持つ歪み特性によってさらに歪みを受けることになるので、図11(1)に示したベクトル②+③の位置からずれて、ベクトル(②+③)'となる。

【0036】図2(2)に示すように、この補助増幅器2で歪みを受けたベクトル(②+③)'がベクトル①と最終的に合成されることになり、その結果、図2(3)に示すように、出力端12からの出力信号のベクトル④は、④=①+(②+③)'となり、図10(1)に示した基準位置(ベクトル①の位置)と等しくならない。

【0037】すなわち、この実施例のフィードフォワード増幅器では、主増幅器1で生じた歪み成分を完全には補償できていない。このため、このフィードフォワード増幅器の線形性は多少悪くなり、結果的に歪み補償能力が若干劣化する。例えば図13にて歪み成分キャンセル量(歪み補償量)のフロアリング・レベル(線形領域での歪み成分キャンセル量)は-35dB程度であるが、この実施例のフィードフォワード増幅器ではこの値が-30dB程度になる。しかしながら、この値はまだ十分に実用にかなう程度のものであり、一方、この実施例のフィードフォワード増幅器では高ピーク電力入力信号に対しても歪み補償能力を確保することができる。

【0038】具体的にはこの実施例では、上述したように、補助増幅器2の電力増幅部に、P1dBの高い増幅器を用い、主増幅器1と比べた補助増幅器2のP1dBを、従来の7〜8dB程度低い値から、2〜3dB程度低い値まで高くする。いま、このフィードフォワード増幅器の動作点を図12、図13における40dBm出力(17dBm入力)と仮定する。このとき、平均電力に比べて6dB高い高ピーク電力の信号が入力されたものとする、例えば補助増幅器2のP1dBが42dBm(主増幅器1のP1dBよりも8dB低い)の場合は歪みキャンセル量が20dB、一方、補助増幅器2のP1dBが48dBm(主増幅器1のP1dBよりも2dB低い)の場合は歪みキャンセル量

が28dB確保できることになり、高ピーク電力の入力信号に対しても歪み補償能力が確保できることが分かる。

【0039】図5はこの実施例のフィードフォワード増幅器の歪み補償能力を示すためのもので、入力信号としてCDMA信号を増幅した場合の隣接チャネル漏洩電力を示している。詳細には、このフィードフォワード増幅器で実際のCDMA信号(チップレート4.069MHz)を増幅した場合における、5MHz離れている4.096MHz帯域幅のチャネルに漏洩した隣接チャネル漏洩電力(歪み電力)を表しており、横軸にこのフィードフォワード増幅器の出力電力(dBm)、縦軸に隣接チャネルへの漏洩電力(dB)をとっており、図中(イ)の破線の特性が、従来方式のフィードフォワード増幅器(補助増幅器2にA級増幅器を用いてそのP1dBを主増幅器1のP1dBよりも6dB低くしたもの)による場合の隣接チャネル漏洩特性、(ロ)の実線の特性が、本発明方式のフィードフォワード増幅器(補助増幅器2にAB級増幅器を用いてそのP1dBを主増幅器1のP1dBよりも3dB低くしたもの)による場合の隣接チャネル漏洩特性である。

【0040】この図5の特性図からも分かるように、本発明のフィードフォワード増幅器では、隣接チャネル漏洩特性が従来方式に比べて大幅に改善されており、従来方式での隣接チャネルへの漏洩は主に高ピーク電力入力により発生した歪み成分が原因と考えられるから、結果として、本発明のフィードフォワード増幅器では高ピーク電力の入力信号に対する歪み補償能力が確保されていることが分かる。

【0041】図6は実施例のフィードフォワード増幅器の送信電力(W)と消費電力(W)との関係を示すものである。この実施例のフィードフォワード増幅器では、主増幅器1および補助増幅器2をABクラスの増幅器(AB級増幅器)としているので、その電力変換効率が上がリ、その消費電力を低減することができる。また、ABクラス動作をする増幅器の特長として出力電力を下げれば消費電力も下がるので、この実施例のフィードフォワード増幅器でも、送信電力を小さくすると消費電力も小さくなり、これにより低出力時の消費電力を大幅に低減することができる。

【0042】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、無線通信用電力増幅器などに用いられるフィードフォワード増幅器において、高ピーク電力を有するCDMA信号などの変調波を増幅するにあたり、高ピーク電力信号の入力に対しても歪み補償能力を確保し、かつ消費電力を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る一実施例としてのフィードフォワード増幅器の全体構成を示す図である。

【図2】実施例のフィードフォワード増幅器の動作説明

をするための、出力端における各信号ベクトルの状態を示す図である。

【図3】実施例のフィードフォワード増幅器における主増幅器1の構成例を示す図である。

【図4】実施例のフィードフォワード増幅器における補助増幅器2の構成例を示す図である。

【図5】実施例のフィードフォワード増幅器によって、CDMA信号を増幅した場合の隣接チャネル漏洩電力を説明するための図である。

【図6】実施例のフィードフォワード増幅器における送信電力と消費電力との関係を示す図である。

【図7】フィードフォワード増幅器の基本構成を説明するための図である。

【図8】フィードフォワード増幅器の信号パスを説明するための図である。

【図9】フィードフォワード増幅器の定性的な動作説明をするための各主要ポイントでのスペクトルを示す図である。

【図10】フィードフォワード増幅器の信号ベクトルによる動作説明をするための図であって、線形動作時に

ける出力端における各ベクトルの状態を示す図である。

【図11】フィードフォワード増幅器の信号ベクトルによる動作説明をするための図であって、非線形動作時における出力端における各ベクトルの状態を示す図である。

【図12】フィードフォワード増幅器の入出力特性（補償ありと補償なし）を示す図である。

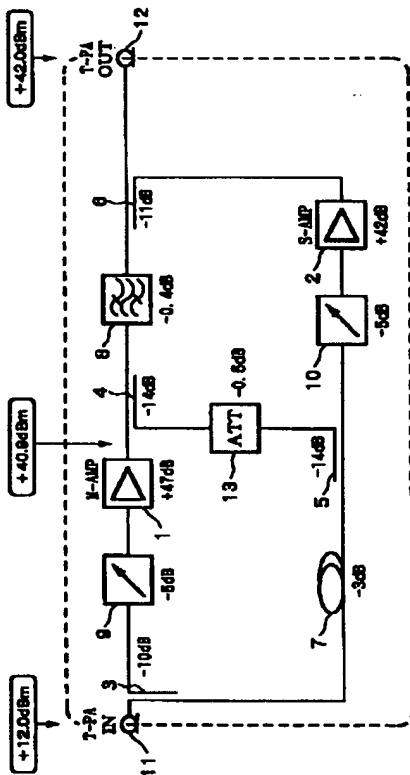
【図13】フィードフォワード増幅器による歪み成分のキャンセルの特性を説明する図である。

#### 【符号の説明】

- 1 主増幅器
- 2 補助増幅器
- 3～6 方向性結合器
- 7, 8 遅延線路
- 9, 10 ベクトル調整器
- 11 入力端 (IN)
- 12 出力端 (OUT)
- 13 減衰器
- 101～103, 201～203 増幅器部
- 104～106, 204, 205 AB級電力増幅部

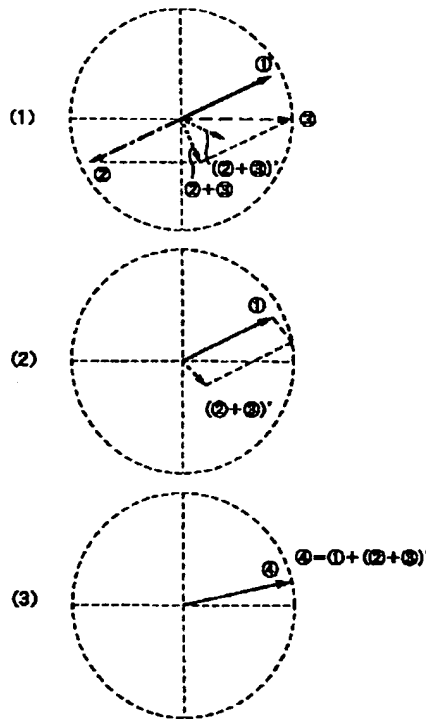
【図1】

実施例 (フィードフォワード増幅器)



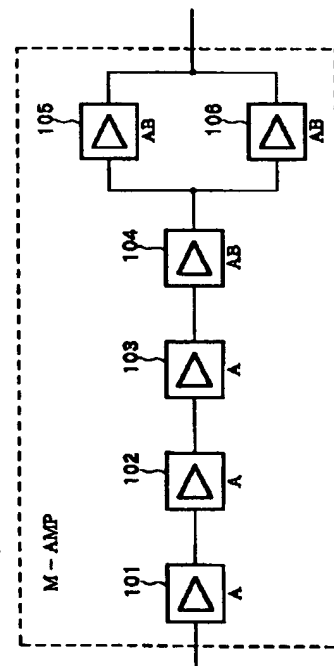
【図2】

M-AMP、S-AMPがともに歪む場合



【図3】

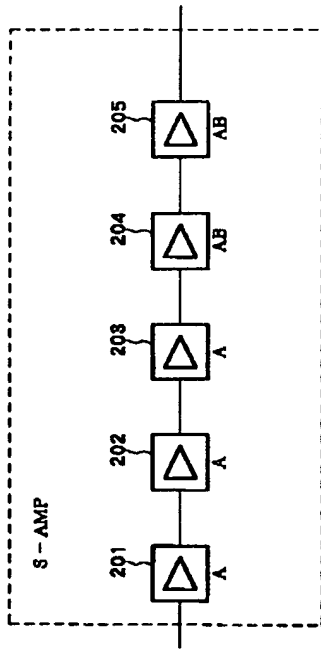
主増幅器1の構成例





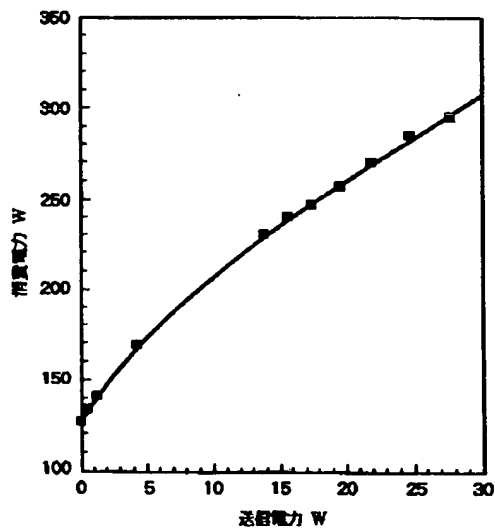
【図4】

補助増幅器2の構成例



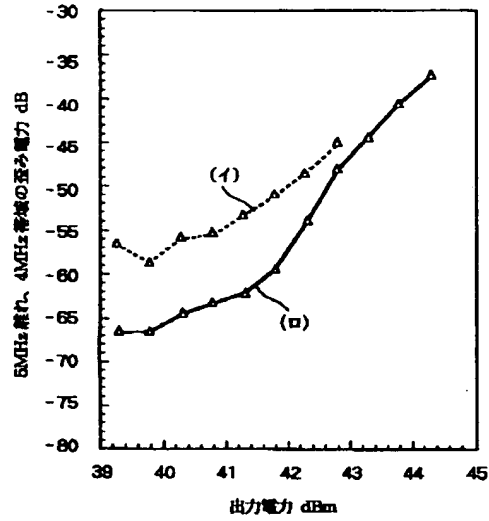
【図6】

送信電力と消費電力の関係



【図5】

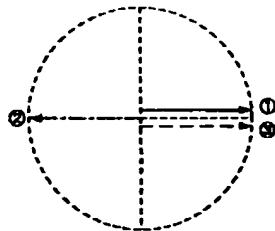
CDMA 信号を増幅した場合の隣接チャネル漏れ電力



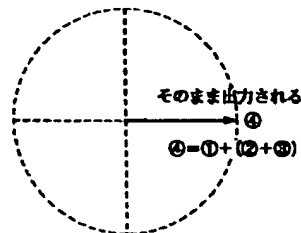
【図10】

出力端における各ベクトル  
(線形動作時)

(1) 各バスのベクトル

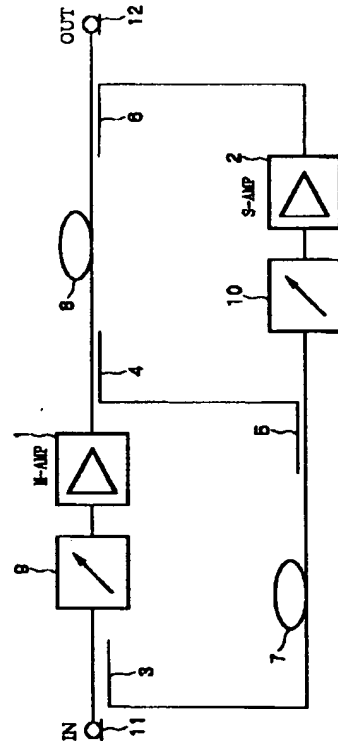


(2) 出力のベクトル



【図7】

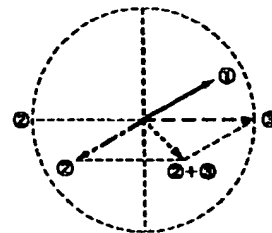
フィードフォワード増幅器の基本構成



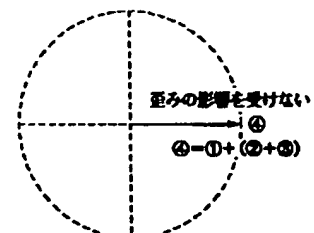
【図11】

出力端における各ベクトル  
(非線形動作時)

(1) 各バスのベクトル

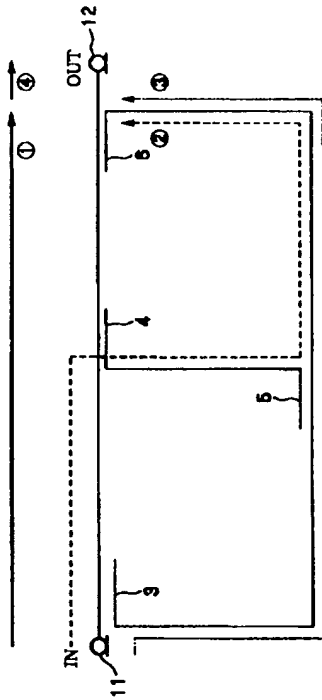


(2) 出力のベクトル



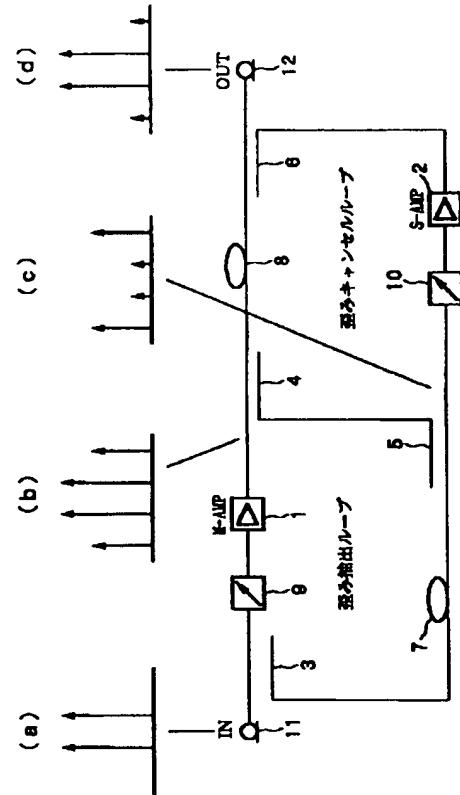
【図8】

フィードフォワード増幅器の信号パス



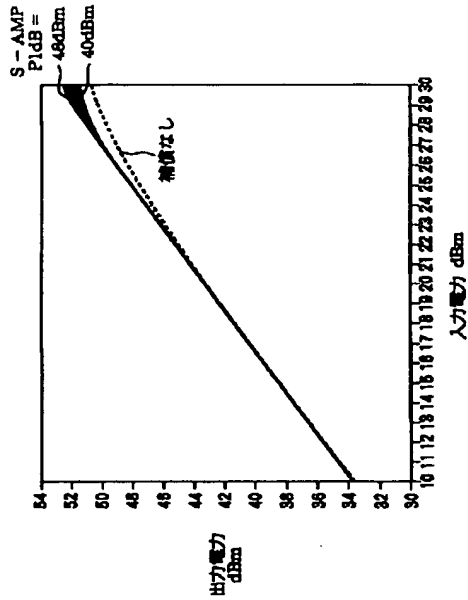
【図9】

各主要ポイントでのスペクトル



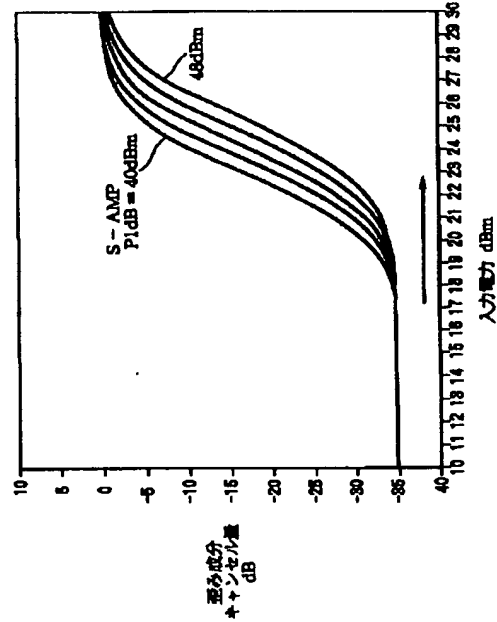
【図12】

フィードフォワード増幅器の入力出力特性  
(補償有りと補償無し)



【図13】

フィードフォワード増幅器による、歪み成分のキャンセル



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J090 AA04 AA21 AA41 AA63 CA21  
CA25 CA27 CA36 FA08 FA20  
GN02 GN05 GN07 GN11 HN16  
KA15 KA16 KA23 KA44 MA08  
MA14 MA20 SA14 TA01 TA02  
TA03  
5J092 AA04 AA21 AA41 AA63 CA21  
CA25 CA27 CA36 FA08 FA20  
GR09 KA15 KA16 KA23 KA44  
MA08 MA14 MA20 SA14 TA01  
TA02 TA03 VL08

BEST AVAILABLE COPY